

Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Herstellung von Mikrostrukturen, welche durch Überlagerung einer Reliefstruktur mit
10 mindestens einer zweiten Reliefstruktur gebildet sind.

Lichtbeugende Mikrostrukturen weisen eine Vielzahl von meist als parallele Furchen ausgestalteten Vertiefungen auf, die z.B. ein optisches Gitter mit einer mikroskopisch feinen Reliefstruktur bilden. Auf die Mikrostrukturen einfallendes
15 Licht wird in einer durch die Mikrostruktur vorbestimmten Weise gebeugt oder gestreut. Mosaik aus den Mikrostrukturen werden beispielsweise in Kunststoff oder Metall abgeformt und dienen als Echtheitsmerkmale für wertvolle Gegenstände. Diese Echtheitsmerkmale weisen ein auffälliges optisches Verhalten auf und sind schwer nachzuahmen.

20

Für die Herstellung von derartigen Mikrostrukturen sind einige Verfahren bekannt. So erzeugen mechanische Vorrichtungen die Mikrostrukturen durch Ritzen von vielen parallelen Furchen in eine Substratoberfläche. Die Form des Ritzwerkzeugs bestimmt das Profil der Reliefstruktur. Das Ritzen der
25 Reliefstruktur wird mit zunehmender Linienzahl pro mm immer schwieriger und demzufolge teurer. Kostengünstiger sind holographische Verfahren, bei denen zwei kohärente Lichtstrahlen aus einer Laserlichtquelle auf einer lichtempfindlichen Schicht aus Photoresist zur Interferenz gebracht werden. Das Interferenzbild mit seinen hellen und dunklen Streifen belichten den

Ersatzseite

Photoresist entsprechend der lokalen Lichtintensität. Nach dem Entwickeln weist die Oberfläche des Photoresist eine Reliefstruktur mit einem symmetrischen Profil auf. In einem weiteren Verfahren zeichnet ein Elektronenstrahl die Reliefstruktur Furche um Furche in die Photoresistschicht, wobei die Furchen auch gekrümmte Linien bilden können. Die nach diesen Verfahren hergestellten Mikrostrukturmasterformen lassen sich auf galvanischem Weg vervielfältigen und mit den Kopien metallische Prägestempel erzeugen, mit denen sich die Mikrostrukturen in Metall oder Kunststoff abformen lassen. Bei diesen Verfahren ist aber der apparative Aufwand für die Herstellung von Mikrostrukturen ausserordentlich hoch.

Es ist auch aus der EP-A 0 105 099 bekannt, neue Mikrostrukturen in Form eines Mosaiks zu synthetisieren, wobei in jedem Flächenelement des Mosaiks eine aus einem Satz von verschiedenen Reliefstrukturen, vorbestimmt im Azimut ausgerichtet, mechanisch abgeformt wird.

Aus der US 5,138,604 ist ein Aufzeichnungsmittel bekannt, dessen erste, makroskopische Reliefstruktur mit einer zweiten, diffraktiven Struktur überlagert ist. Die erste Reliefstruktur wird mittels Belichten durch eine Maske hindurch in einer unbelichteten Photoresist – Schicht registriert. Anschliessend wird die belichtete Photoresist – Schicht erneut belichtet, wobei auf der Photoresist – Schicht das Interferenzmuster eines Hologramms einwirkt. Nach dem Entwickeln des Photoresists verbleibt die erste, der Maskenstruktur entsprechende Reliefstruktur auf dem Substrat der Photoresist – Schicht zurück, wobei die Rücken der ersten Reliefstruktur die diffraktive Struktur des Hologramms aufweisen.

Die WO 00/61386 beschreibt die Herstellung einer Dekorationsfolie. Mittels eines Prägestempels werden makroskopische Strukturen in die Oberfläche einer Folie abgeformt. Werden anstelle von glatten Stempelflächen solche mit einer mikroskopisch feinen Struktur versehene Stempelflächen zum Abformen

Ersatzseite

verwendet, weisen die in die Folie abgeformten, makroskopischen Strukturen die mikroskopisch feinen Strukturen auf.

5 Eine in JP 2000 264000 beschriebene Methode zur Herstellung einer diffraktiven Struktur, die mit einer zusätzlichen Struktur überlagert ist. Die Methode nutzt die Längenveränderung eines durch Strahlung aushärtenden Harzes aus, wenn dieses während des Aushärtungsprozesses stark erwärmt ist. Ein diffraktives Relief wird zunächst in die halbausgehärtete Schicht des Harzes abgeformt und auf der mit dem Relief verformten Oberfläche eine
10 Reflexionsschicht aufgebracht. Durch Erwärmen des Harzes bewirkt die Längenveränderung eine zusätzliche Verformung der Oberfläche in Form von Runzeln. Diese Runzeln überlagern auch das Relief. Das weitere Aushärten des Harzes fixiert das Relief mit der überlagerten Runzelstruktur.

15 Aus der US 4,537,504 ist eine diffraktive Struktur bekannt, die auf einer gewellten Oberfläche abgeformt ist, wobei die Periode der Wellen der Oberfläche viel grösser als die Periode der diffraktiven Struktur ist.

Die US 6,043,936 beschreibt zwei Methoden zur Herstellung der Gussform
20 zum Abformen von diffraktiven Stufenpyramiden. Eine erste Methode ist das oben beschriebene, rein mechanische Abtragsverfahren und die zweite Methode benützt ein anisotropisches Ätzverfahren in Silizium zum Erzeugen der Pyramidenform. Anschliessend erhalten die glatten Pyramidenflächen einen Überzug aus Photoresist. Beispielsweise wird unter der Einwirkung
25 eines Elektronenstrahls die Photoresist - Schicht so belichtet, dass nach dem Entwickeln der Photoresist - Schicht die Pyramidenflächen Stufen aufweisen. Die diffraktiven Stufenpyramiden werden für die Herstellung von Stempelmatrizen galvanisch abgeformt.

30 Der Gegenstand der WO 03/084764 betrifft ein schwerkopierbares Sicherheitselement eingeschlossen in einem Schichtverbund. Die diffraktiven

Ersatzseite

2B

Strukturen des Sicherheitselements sind einer makroskopischen Überlagerungsfunktion additiv überlagert, wobei sich die Überlagerungsfunktion im Vergleich zu den diffraktiven Strukturen langsam ändern.

5

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein kostengünstiges Verfahren zum Herstellen einer Mikrostruktur vorzuschlagen, deren Reliefstruktur durch eine Überlagerung mindestens zweier Reliefstrukturen erzeugt ist, so dass eine mit hoher Genauigkeit relativ einfach herstellbare, komplizierte und infolgedessen schwer imitierbare Mikrostruktur, z.B. für einen Replizier-Master, gebildet wird.

10

Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die in Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst und basiert auf der Idee, einen Präge- oder sonstigen mechanischen Abformprozess mit einer Photostrukturierung zu kombinieren, um kostengünstige, trotzdem aber komplizierte Mikrostrukturen zu erzeugen. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den weiteren Ansprüchen.

15

Ersatzseite

GEAENDERTES BLATT

5 Neue Patentansprüche :

1. Verfahren zum Herstellen von lichtbeugenden Mikrostrukturen (13) in
einer Schicht (2) aus Photoresist auf einem Substrat (1), welche durch
10 Überlagerungen einer ersten Reliefstruktur (5) mit wenigstens einer
zweiten, als Beugungsstruktur (12) dienenden Reliefstruktur entstehen,
gekennzeichnet durch die Schritte
- a) Herstellen einer Schicht (2) aus Photoresist mit einer ersten
15 Reliefstruktur (5) auf einem ebenen Substrat (1), die durch
Abformen einer dem Substrat (1) gegenüberliegenden
Reliefmatrize (4) in die freie Oberfläche der Schicht (2) erzeugt
wird,
- b) Entfernen der Reliefmatrize (4),
- 20 c) Erzeugen eines Interferenzmusters auf der Reliefstruktur (5),
wobei kohärentes Licht in einen Teilstrahl (9) und in einen
Referenzstrahl (10) aufgespalten und der Teilstrahl (9) und der
Referenzstrahl (10) einen vorbestimmten Schnittwinkel
einschliessend auf der abgeformten ersten Reliefstruktur (5) zur
Interferenz gebracht werden,

Ersatzseite

- 5 d) Ausrichten des Interferenzmusters, das Streifen von grosser Lichtintensität getrennt durch Streifen von geringer Lichtintensität umfasst, im Azimut auf die erste Reliefstruktur (5) durch Drehen des Substrats (1) um eine Normale (15) zur Ebene des Substrats (1),
- e) Belichten der ersten Reliefstruktur (5) in der Photoresist-Schicht (2) mittels des Interferenzmusters während einer vorbestimmten Zeit,
- 10 f) Entwickeln des Photoresist während einer vorbestimmten Zeit, wobei durch die Belichtung verändertes Material des Photoresists teilweise entfernt wird und in der ersten Reliefstruktur (5) Furchen (13) der Beugungsstruktur (12) entstehen, und
- 15 g) Trocknen des Photoresists.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Schritt f) die Zeit zum Entwickeln des Photoresist so bemessen wird, dass die Furchen (13) der Beugungsstruktur (12) eine Tiefe von
20 höchstens 500 nm, vorzugsweise von höchstens 250 nm erreichen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass im Schritt a) zuerst die Photoresist-Schicht (2) auf dem ebenen
25 Substrat (1) erzeugt, durch Wärmeeinwirkung verfestigt und anschliessend die auf einem Prägestempel (3) angebrachte

Ersatzseite

Reliefmatrize (4) in die freie Oberfläche der Photoresist-Schicht (2) so abgesenkt wird, dass die erste Reliefstruktur (5) als ein Negativ der Reliefmatrize (4) abgeformt wird.

- 5 4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet ,
dass im Schritt a) die Schicht (2) durch Giessen hergestellt wird, wobei
der flüssige Photoresist zwischen das Substrat (1) und eine
10 Reliefmatrize (4) gegossen wird, und dass nach dem Verfestigen des
Photoresist unter Wärmeeinwirkung und dem Ausformen die freie
Oberfläche der Schicht (2) die erste Reliefstruktur (5) als ein Negativ
der Reliefmatrize (4) aufweist.
- 15 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet ,
dass im Schritt a) als erste Reliefstruktur (5) ein periodisches Gitter in
die Photoresist-Schicht (2) abgeformt wird.
- 20 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet ,
dass im Schritt a) als erste Reliefstruktur (5) ein Kreuzgitter in die
Photoresist-Schicht (2) abgeformt wird.
- 25 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet ,
dass im Schritt a) als erste Reliefstruktur (5) ein periodisches Gitter in
die Photoresist-Schicht (2) mit einer Spatialfrequenz im Bereich

Ersatzseite

1 Linie/mm bis 1000 Linien/mm abgeformt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet ,
5 dass im Schritt c) der Schnittwinkel zwischen dem Teilstrahl (9) und dem Referenzstrahl (10) so eingestellt wird, dass als Beugungsstruktur (12) ein Gitter mit einer Spatialfrequenz erzeugt wird, die wenigstens dem Fünffachen der Spatialfrequenz der Reliefstruktur (5) entspricht.
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet ,
dass im Schritt a) als erste Reliefstruktur (5) eine der lichtstreuenden
Matrizen in die Photoresist-Schicht (2) abgeformt wird.
- 15 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet ,
dass im Schritt a) zum Abformen der ersten Reliefstruktur (5) eine
Reliefmatrize (4) eine Struktur mit wenigstens einer Paraboloid-Fläche
(16) und/oder einer Kegelspitze (17) verwendet wird.
- 20 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
dadurch gekennzeichnet ,
dass die Reliefstruktur (5) mit einer Strukturtiefe (T) im Bereich $0.1 \mu\text{m}$
bis $100 \mu\text{m}$ abgeformt wird.
- 25

Ersatzseite

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet ,
dass vor Ausführen des Schrittes g) die Photostrukturierung mit
wenigstens einer weiteren Beugungsstruktur (12) mit den Schritten c)
5 bis f) wiederholt wird, wobei im Schritt d) durch Drehen des Substrats
(1) um die Normale (15) die erste Reliefstruktur (5) mit den Furchen
(13) der Beugungsstruktur (12) auf ein neues Interferenzmuster
ausgerichtet wird.
- 10 13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet ,
dass bei der Wiederholung der Photostrukturierung beim Schritt b) der
Schnittwinkel zwischen dem Teilstrahl (9) und dem Referenzstrahl (10)
verändert wird.
- 15 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet ,
dass im Schritt b) der Schnittwinkel zwischen dem Teilstrahl (9) und
dem Referenzstrahl (10) so eingestellt wird, dass die Beugungsstruktur
20 (12) mit einer Gitterperiode von höchstens 500 nm erzeugt wird.

Ersatzseite

GEAENDERTES BLATT

16-11-2004